

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-037130

(43)Date of publication of application : 09.02.2001

(51)Int.Cl.

H02K 3/04

H02K 15/04

(21)Application number : 11-211395

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 26.07.1999

(72)Inventor : OZAWA MASARU

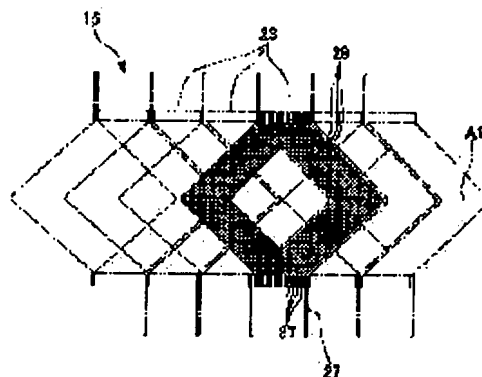
FUKUDA TAKEO

(54) STATOR WINDING WITHOUT SLOT AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a stator winding without slots with deals with high output and small size.

SOLUTION: A stator winding, without slot of a hollow cylinder formed by winding turns 29 formed by winding bundle wires 27 obtained by bundling a plurality of fine wires, are sequentially deviated in the direction of a pair of diagonal line A1 of a substantially rhombic shape and disposed to form a coil segment 23 of the substantially rhombic shape, made of a series of the bundle wires 27. A plurality of the segments 23 are sequentially deviated in one diagonal line direction A1 to form a band-like body, the body is wound cylindrically into a hollow cylinder. In this case, the respective turns 29 have substantially U-shaped folding portions 37 at both ends disposed in another diagonal line direction perpendicularly crossed with one diagonal line A1 direction.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

30.11.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-37130

(P2001-37130A)

(43) 公開日 平成13年2月9日(2001.2.9)

(51) Int. CL ⁷	識別記号	F I	サーチコード(参考)
H 0 2 K	3/04	H 0 2 K	E 5 H 6 0 3
	15/04		C 5 H 6 1 5

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平11-211395

(22) 出願日 平成11年7月26日(1999.7.26)

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 小澤 勝

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会

社本田技術研究所内

(72) 発明者 福田 武雄

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会

社本田技術研究所内

(74) 代理人 100084908

弁理士 志賀 正武 (外8名)

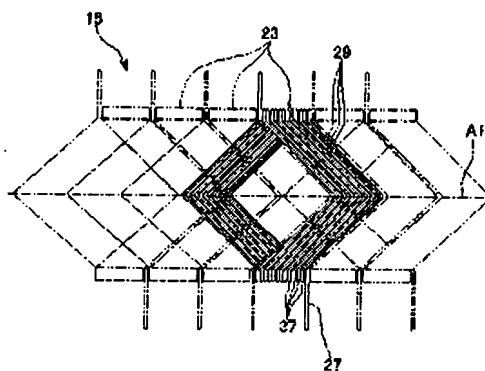
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スロットレス固定子巻線およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高出力でかつ小型化にも対応したスロットレス固定子巻線を提供する。

【解決手段】 複数の細線が束ねられた束線27を略菱形形状に巻回して形成されたターン29を菱形形状の一の対角線A1方向に順次ずらして複数配置することにより、一連の束線27からなる略菱形形状のコイルセグメント23を形成し、複数のコイルセグメント23を一の対角線方向A1に重ねつつ順次ずらして帯状体を形成するとともに、該帯状体を円筒状に巻いて形成された中空円筒体とされるスロットレス固定子巻線において、各ターン29は、一の対角線A1方向に直交する他の対角線方向に位置する両端部において、略U字状の折返し部37を有することを特徴とする。



(2)

特開2001-37130

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 導体からなる複数の細線が束ねられた束線を略菱形形状に一周回巻回してターンを形成し、前記ターンを前記菱形形状の一の対角線方向に順次ずらせて連続して複数ターン巻回し配置することにより、一連の前記束線からなる略菱形形状のコイルセグメントを形成し、

前記コイルセグメントを複数用いて、これらコイルセグメントを前記一の対角線方向に隣り合うように順次ずらせて帯状体を形成するとともに、該帯状体を円筒状に巻いて形成された中空円筒体とされることを特徴とする、スロットレス固定子を有する回転電機に用いるスロットレス固定子巻線。

【請求項2】 前記束線は、前記一の対角線方向に直交する他の対角線方向に位置する前記各ターンの両端部のうちの一の端部において前記中空円筒体の内周側から外周側に、かつ前記各ターンの前記両端部のうちの他の端部において外周側から内周側に巻回されていることを特徴とする請求項1記載のスロットレス固定子巻線。

【請求項3】 前記各ターンは、前記一の対角線方向に直交する他の対角線方向に位置する両端部において、該ターンの外側に向けて突出するように進行し、かつ略U字状に反転して内側に向けて復帰するように進行する折返し部を有することを特徴とする請求項1または請求項2記載のスロットレス固定子巻線。

【請求項4】 前記各ターンは、隣り合うターンと接触した状態で配置されていることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれかに記載のスロットレス固定子巻線。

【請求項5】 略菱形形状とされた前記コイルセグメントの四辺のうち、前記他の対角線に対して片側に位置する二辺が前記中空円筒体の内周側に配置され、かつ前記片側に位置する二辺に対向する他の二辺が前記中空円筒体の外周側に配置されていることを特徴とする請求項1から請求項4のいずれかに記載のスロットレス固定子巻線。

【請求項6】 前記内周側に配置されたコイルセグメントの二辺が、隣り合うコイルセグメントの前記内周側に配置された二辺に対して周方向において隣接し、かつ、該隣り合うコイルセグメントの前記外周側に配置された二辺に対して径方向に重ねられるように、前記各コイルセグメントが重なりつつ順次ずらせて配置されていることを特徴とする請求項5記載のスロットレス固定子巻線。

【請求項7】 前記折返し部は、前記中空円筒体の内周側から外周側に向けて、或いは外周側から内周側に向けて折り返されていることを特徴とする請求項2から請求項6のいずれかに記載のスロットレス固定子巻線。

【請求項8】 前記束線は、略菱形形状とされた前記各ターンの一辺の範囲内で少なくとも一回は螺旋状にひ

ねられていることを特徴とする請求項1から請求項7のいずれかに記載のスロットレス固定子巻線。

【請求項9】 前記束線は、略矩形形状の断面を有することを特徴とする請求項1から請求項8のいずれかに記載のスロットレス固定子巻線。

【請求項10】 前記各細線は、線状部を有する歪んだ円形状の断面を有し、前記線状部において隣り合う細線と接触していることを特徴とする請求項1から請求項9のいずれかに記載のスロットレス固定子巻線。

【請求項11】 導体からなる複数の細線が束ねられた束線を略菱形形状に一周回巻回してターンを形成するターン形成工程と、

前記ターンを前記菱形形状の一の対角線方向に順次ずらせて連続して複数ターン巻回し配置することにより、一連の前記束線からなるコイルセグメントを形成するコイルセグメント形成工程と、

前記コイルセグメントを複数用いて、これらコイルセグメントを前記一の対角線方向に順次ずらせてかつ隣り合うように重ね合わせて帯状体を形成するとともに、該帯状体を中空円筒状に巻く中空円筒体形成工程と、

を備えたスロットレス固定子を有する回転電機に用いるスロットレス固定子巻線の製造方法であって、

前記ターン形成工程は、前記束線が、前記一の対角線方向に直交する他の対角線方向に位置する前記各ターンの両端部のうちの一の端部において前記中空円筒体の内周側から外周側に、かつ前記各ターンの前記両端部のうちの他の端部において外周側から内周側に巻回される工程を含むことを特徴とするスロットレス固定子巻線の製造方法。

【請求項12】 前記ターン形成工程は、前記一の対角線方向に直交する他の対角線方向に位置する前記各ターンの両端部において、該ターンの外側に向けて突出するように進行し、かつ略U字状に反転して内側に向けて復帰するように進行して折返し部を形成する折返し部形成工程を備えていることを特徴とする請求項11記載のスロットレス固定子巻線の製造方法。

【請求項13】 前記ターン形成工程は、隣り合う細線と密着するように前記束線が加圧プレスされる加圧プレス工程を備えていることを特徴とする請求項11または請求項12記載のスロットレス固定子巻線の製造方法。

【請求項14】 前記加圧プレス工程に先だって、略菱形形状とされた前記各ターンの一辺の範囲内で前記束線が少なくとも一回は螺旋状にひねられる工程を備えていることを特徴とする請求項13に記載のスロットレス固定子巻線の製造方法。

【請求項15】 前記加圧プレス工程は、前記束線が矩形形状の断面を有するように該束線を成形する工程を備えていることを特徴とする請求項13または請求項14記載のスロットレス固定子巻線の製造方法。

【発明の詳細な説明】

(3)

特開2001-37130

3

4

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電動機または発電機とされる回転電機に用いて好適な、より詳細には、高速回転する回転電機のスロットレス固定子に用いて好適なスロットレス固定子巻線およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、回転電機において、回転子側からみた主磁束経路の磁気抵抗が均一となるという観点から、スロット（溝部）が形成されていないスロットレス固定子が提案されており、回転子に対向させて、スロットレス固定子の内周側に円筒状の巻線が固定された、ラジアルギャップ形スロットレス構成が多用されている。

【0003】このようなラジアルギャップ形スロットレス構成は、米国特許第5,313,131号明細書により開示されている。図13は、スロットレス固定子の端部を示した斜視図であり、固定子鉄心101の内周面には、複数のコイルセグメント103が固定されている。このコイルセグメント103は、図14に示されているように、角部が丸みを帯びた略四角形状とされている。このコイルセグメント103を用いると、図13からわかるように、固定子鉄心101の端部から四角形の一边105が露出してしまう構成となる。コイルセグメントの一边が露出すると、その分だけ巻線の層が無駄に使われることになる。これは、巻線の抵抗値を増大させることになり、発熱が生じることになる。例えば数万rpmにも及ぶ高速回転電動機に用いた場合には、このような発熱は無視できないものとなる。さらに、コイルのターン数を増加させると、それだけ固定子から露出する層が増える。また、極数が少ないほど、固定子端部から露出する渡り長さは長くなる。しかも、高出力に対応させるために、高電流化に見合う導体を配する必要も生じる。このような場合には、軸線方向あるいは径方向にコイルの大きさが増大され、回転電機自体が大型化してしまう。すなわち、高出力を実現するために導体層を増加させると、回転電機が大型化してしまうという問題がある。特に、軸線方向に固定子コイルが大型化された場合には、それに応じて回転子も軸線方向に大型化されることになり、これは回転子の遠心強度および軸振動に大きな影響を及ぼすことになる。したがって、特に軸線方向に固定子コイルを小型化することは強く要望されているところである。

【0004】上述のような略四角形状とされたコイルセグメント以外の形状として、特公昭第53-44362号公報にあるように、菱形のターンを有するコイルが提案されている。図15には、菱形のターンを順次並べて形成されたバンド状コイル111が示されている。図16には、図15のバンド状コイル111を巻回して形成した円筒形コイル113が示されている。このような円筒形コイル113であれば、円筒体の両端部に菱形

状の頂点が位置することになるので、固定子から露出する巻線を極力抑えることができる。しかし、図15の方式では、単線による菱形のターンから成るバンド状コイルを形成しており、高出力を得るためには必然的に多層円筒状のコイルにならざるを得ない。この場合に並列接続したとしても、位相合わせが困難であり、多重に積層するとコイルの厚みが大きくなるという問題もある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】そこで、本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、高出力を実現するとともに小型化にも対応したスロットレス固定子巻線を提供し、さらに、簡便でかつ成形性に優れたスロットレス固定子巻線の製造方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題は、以下の手段により達成される。本発明のスロットレス固定子巻線によれば、導体からなる複数の細線が束ねられた束線を略菱形状に一周巻回して一ターンを形成し、前記ターンを前記菱形状の一の対角線方向に順次ずらせて連続して複数ターン巻回し配置することにより、一連の前記束線からなる略菱形状のコイルセグメントを形成し、前記コイルセグメントを複数用いて、これらコイルセグメントを前記一の対角線方向に隣り合わせて順次ずらせかつ重ね合わせて帯状体を形成するとともに、該帯状体を円筒状に巻いて形成された中空円筒体とされることを特徴とする。複数の細線から成る束線によりコイルが形成されることになるので、単線により形成されたコイルに比べて、より高速回転に対応させることができる。また、束線とし、加圧プレスを行うことでコイルの厚みの増大を回避することができ、ひねり歪みを行うことで循環電流損失が低減されることになる。

【0007】前記束線は、前記一の対角線方向に直交する他の対角線方向に位置する前記各ターンの両端部のうちの一の端部において前記中空円筒体の内周側から外周側に、かつ前記各ターンの前記両端部のうちの他の端部において外周側から内周側に巻回されていることを特徴とする。

【0008】前記各ターンは、前記一の対角線方向に直交する他の対角線方向に位置する両端部において、該ターンの外側に突出するように進行し、かつ略U字状に反転して内側に復帰するように進行する折返し部を有することを特徴とする。

【0009】中空円筒体の端部に折返し部が位置することになり、この折返し部は、菱形の他の対角線方向、即ち中空円筒体の長手（軸線）方向を向くことになる。これにより、折返し部を中空円筒体の円周方向に詰めて配置することができ、密に複数のターンを巻回することができる。したがって、ターン数を増加させても、折返

(4)

特開2001-37130

5

6

し部が積層されて、これら折返し部が径方向あるいは軸線方向に延在して露出されることはない。本発明による巻線がスロットレス固定子の鉄心に固定されると、各ターンの折返し部のみが固定子の端部から露出することになる。つまり、鉄心から露出する部分が折返し部のみと少ないため、巻線量が大幅に減少されることになる。

【0010】好ましくは、各ターンは、隣り合うターンと接触した状態で配置されている。これにより、高密度で巻かれた巻線が形成されることになる。

【0011】さらに好ましくは、略菱形とされたコイルセグメントの四辺のうち、前記他の対角線に対して片側に位置する二辺が前記中空円筒体の内周側に配置され、かつ前記片側に位置する二辺に対向する他の二辺が前記中空円筒体の外周側に配置されている。

【0012】コイルセグメントのうちの二辺が中空円筒体の内周側に配置され、他の二辺が外周側に配置されるので、内周側および外周側共に、密に束線が巻回されることになる。

【0013】さらに好ましくは、中空円筒体の内周側に配置されたコイルセグメントの二辺が、隣り合うコイルセグメントの内周側に配置された二辺に対して周方向において隣接し、かつ、該隣り合うコイルセグメントの外周側に配置された二辺に対して径方向に重ねられるように、各コイルセグメントが重なりつつ順次ずらされて配置されている。

【0014】各コイルセグメントの内周側に配置された二辺が、円周方向において均一に配置されることになる。また、各コイルセグメントの外周側に配置された二辺が、隣のコイルセグメントの内周側に配置された二辺に対して、中空円筒体の径方向に重ね合わせられることにより、各コイルセグメントが交互に重ねられて配置されることになる。これにより、複数のコイルセグメントが周方向および径方向に密に重ね合わせられることになる。

【0015】さらに好ましくは、各ターンの両端に位置する折返し部は、その片端側が中空円筒体の内周側から外周側に向けて、また或る他端側は外周側から内周側に向けて折り返されている。

【0016】折返し部が内周側（外周側）から外周側（内周側）に折り返されているので、折返し部を周方向に密接させて配置することができ、これにより、各ターン同士を周方向に順次密着させて配置させることができる。つまり、ターン数を増加させても、巻線が軸線方向または径方向に大型化することはない。

【0017】さらに好ましくは、束線は、略菱形とされた各ターンの一辺の範囲内で少なくとも一回は螺旋状にひねられている。螺旋状にひねることにより、高周波トランス等に用いられるリッツ線と同様の構成となり、ターンを形成する束線間の各素線に生じる起電圧差を減少させ、循環電流等の不要な損失の発生を抑えることが可能となる。

【0018】さらに好ましくは、束線は略矩形形状の断面を有する。矩形形状断面を有する束線を隣接して並べると、これら束線は密着状態で配置されることになり、コイルセグメントの導体占積率が増大させられることになる。

【0019】さらに好ましくは、各細線は、線状部を有する歪んだ円形状の断面を有し、線状部において隣り合う細線と接触している。これにより、さらに導体占積率が増大させられることになる。

【0020】本発明のスロットレス固定子巻線の製造方法によれば、導体からなる複数の細線が束ねられた束線を略菱形形状に一周回巻回してターンを形成するターン形成工程と、前記ターンを前記菱形形状の一の対角線方向に順次ずらして連続して複数ターン巻回し配置することにより、一連の前記束線からなるコイルセグメントを形成するコイルセグメント形成工程と、前記コイルセグメントを複数用いて、これらコイルセグメントを前記一の対角線方向に隣り合うように順次ずらせかつ重ね合わせで帯状体を形成するとともに、該帯状体を中空円筒状に巻く中空円筒体形成工程と、を備えたスロットレス固定子を有する回転電機に用いるスロットレス固定子巻線の製造方法であって、前記ターン形成工程は、前記束線が、前記一の対角線方向に直交する他の対角線方向に位置する前記各ターンの両端部のうちの一の端部において前記中空円筒体の内周側から外周側に、かつ前記各ターンの前記両端部のうちの他の端部において外周側から内周側に巻回される工程を含むことを特徴とする。

【0021】前記ターン形成工程は、前記一の対角線方向に直交する他の対角線方向に位置する前記各ターンの両端部において、該ターンの外側に突出するように進行し、かつ略U字状に反転して内側に復帰するように進行して折返し部を形成する折返し部形成工程を備えていることを特徴とする。

【0022】好ましくは、ターン形成工程は、隣り合う細線と密着するように前記束線が加圧プレスされる加圧プレス工程を備えている。加圧プレスを施すことにより、束線を構成する各細線が密着状態に変形される。また、このように各細線が密着状態で保持されることにより、束線の断面形状が安定的に維持されることになる。

【0023】さらに好ましくは、前記加圧プレス工程に先だって、略菱形形状とされた前記各ターンの一辺の範囲内で前記束線が少なくとも一回は螺旋状にひねられる工程を備えている。ひねりを加えた後に加圧プレスを施すことにより、ねじれた状態で各細線が変形されるので、より強固な密着状態が得られることになる。

【0024】さらに好ましくは、加圧プレス工程は、束線が略矩形形状の断面を有するように該束線を成形する工程を備えている。

【0025】

【発明の実施の形態】以下に、添付図面を参照して、本

(5)

特開2001-37130

7

8

発明の一実施形態を説明する。図1は、本発明の一実施形態であるスロットレス固定子巻線が設けられた回転電機を示した断面図である。図2は、図1の切断線II-IIにおける断面図である。

【0026】スロットレス固定子1を備えた回転電機3が図1に示されており、例えば数kW〜数十kWとされ、数万回転以上の回転数で使用される高速回転電気機械に用いて好適なものである。回転電機3は、ケーシング5により外形が形成されており、該ケーシング5の中心軸線上に沿って回転子7が軸受け9を介して回転自在に配置されている。

【0027】回転子7は、図2に示されているように、界磁発生手段としての永久磁石11が組み込まれている。この永久磁石11は、回転子7の表面において径方向に磁束を発生するp極(pは2以上の偶数)の磁極を形成するように構成されている。永久磁石としては、Sm-Co、Nd-Fe-B焼結磁石等の希土類磁石が好適である。

【0028】回転子7の周りには、図1に示されているように、空隙13を介して、スロットレス固定子1が配置されている。このスロットレス固定子1は、巻線を固定するための溝部(スロット)が形成されていないものである。スロットレス固定子1は、回転子7側に位置する巻線(スロットレス固定子巻線)15と、ケーシング5側に位置する固定子鉄心17とから構成されている。

【0029】固定子鉄心17は、中空円筒形状とされており、ケーシング5の内周面に該鉄心17の外周面が接触するように固定されている。この固定子鉄心17は、リング状の薄板鋼板を板厚方向に多数枚積層することにより構成されている。固定子鉄心17は、溝部(スロット)が形成されていない円筒面とされた内周面を有している。なお、固定子鉄心17は分割構成でも可能である。例えば、図11に示されているように二分割型とすることもできる。もちろん、三分割以上でも構わない。

【0030】巻線15は、固定子鉄心17と同様に中空円筒形状とされており、該固定子鉄心17の内周面に該巻線15の外周面が対向するように絶縁層19を介して固定されている。巻線15は、端部においてバスバー21により結線接続されている。

【0031】以下に、巻線15について詳細に説明する。図3は、中空円筒形状とされた固定子巻線1を平面状に展開した状態を示したものである。このように平面状に展開され、帯状とされた巻線15は、複数のコイルセグメント23、・・・により構成されている。コイルセグメント23は、本実施形態において、3相2極に対応していることから、 $3 \times 2 = 6$ 個とされている。つまり、回転電機がm相p極とされている場合は、 $m \times p$ 個のコイルセグメントが用いられる。

【0032】コイルセグメント23は、導体からなる複数のマグネットワイヤ(細線)25、・・・が束ねられた束線27により形成されている(図6参照)。マグネッ

トワイヤ25は表面に絶縁被覆層が形成されており、素線外径は1mm以下が望ましい。図4に示されているように、コイルセグメント23は、束線27を略菱形形状に一層巻き回して形成されたターン29を複数配置することにより構成されている。つまり、各ターン29、・・・は、図において左右方向に延在する菱形形状の対角線(一の対角線)A1方向に連続して順次ずらせて巻回して配置されている。各ターン29は、隣り合うターン29と接触しあつて密着した状態で配置されている。なお、マグネットワイヤ25に代えて、高周波における表皮効果を抑えるためにリッツ線を用いてもよい。

【0033】ターン29は、形状において次のような特徴を有している。図4からわかるように、ターン29は、一の対角線A1方向に直交する図において上下方向に延在する対角線(他の対角線)A2方向に位置する両端部35、35において、折返し部37を有している。この折返し部37は、ターン29の外側に向けて他の対角線A2上を突出するように進行し、かつ略U字状に反転して該ターン29の内側に向けて他の対角線A2上を復帰するように進行して形成されている。つまり、本実施形態において折返し部37は、略180°に折り曲げられたヘアピン状とされている。

【0034】さらにこの折返し部37は、コイルセグメント23の斜視図である図5からわかるように、図において下(上)側から上(下)側に折り返されている。つまり、後述のようにコイルセグメント23を中空円筒体となるように巻いたときに、該中空円筒体の内(外)周側から外(内)周側に向けて折り返されている。さらに、束線27は、一の対角線A1方向に直交する他の対角線A2方向に位置する各ターン29の両端部のうちの一端部において中空円筒体の内周側から外周側に、かつ各ターン29の両端部のうちの他の端部において外周側から内周側に巻回されている。このように折返し部37を構成することにより、一の組の二辺39、39が他の組の二辺41、41に対して下側となるように配置されることになる。つまり、コイルセグメント23を中空円筒体となるように巻いたときに、略菱形形状とされたコイルセグメント23の四辺のうち、他の対角線A2に対して片側に位置する二辺39、39が中空円筒体の外周側に配置され、かつ、この片側に位置する二辺39、39が対向する他の二辺41、41が中空円筒体の内周側に配置されることになる。

【0035】コイルセグメント23は、複数のターン29が連続的に巻回されることにより、一連の束線27で形成されている(図4及び図6参照)。したがって、各コイルセグメント23ごとに一対の電気接続用の端子31、31が設けられることになる。なお、図4では、ターン29が12.5ターン巻回されたコイルセグメントが示されているが、巻回する回数はこれに限られず、用途に応じて適宜変換させられる。

(6)

特開2001-37130

9

10

【0036】上述したように、束線27は複数のマグネットワイヤ25、・・・が束ねられた構成とされているが、図6からわかるように、この束線27は矩形状の断面を有している。さらに、束線27は螺旋状にひねられている。このひねりは、菱形状とされたターン29の一辺の範囲内で少なくとも一回は、即ち360°以上に加えられていることが好ましい。

【0037】束線27を構成する各マグネットワイヤ25は、図7に示されているように、歪んだ円形の断面形状とされている。より詳しくは、線状部33を有しかつ角部が丸みを帯びた略四角形状とされている。各マグネットワイヤ25はこのような断面形状とされているので、それぞれの線状部33において、隣り合うマグネットワイヤ25と密着状態で接触されている。

【0038】以上のように構成されたコイルセグメント23を複数用いることにより、図3に示したように、帯状体が形成されることになる。そしてこの帯状体は、図9に示されているように、円筒状に巻かれて中空円筒体43とされる。

【0039】各コイルセグメント23は次のように重ね合わされる。つまり、各コイルセグメント23は、図8に示されているように、一の対角線A1方向に重ねつつ順次ずられて配置されている。より詳細には、図において下側（左側）に配置されたコイルセグメント23aの二辺39a、39aが、隣り合うコイルセグメント23bの図において下側（左側）に配置された二辺39b、39bに対して、一の対角線A1方向において隣接し、かつ、隣り合うコイルセグメント23cの図において上側に配置された二辺41c、41cに対して上下方向に重ねられるように配置されている。このように配置することにより、コイルセグメント23を中空円筒状に形成したとき、外周側に配置されたコイルセグメント23の二辺39、39が、隣り合うコイルセグメント23の外周側に配置された二辺39、39に対して、円周方向において隣接し、かつ、隣り合うコイルセグメント23の内周側に配置された二辺41、41に対して径方向に重ねられるように配置されることになる。

【0040】以上のように構成された複数のコイルセグメント23からなる円筒中空体43（図9参照）とされる巻線15は、図10に示されているように、固定子鉄心17内に挿入されて固定される。

【0041】以下に、巻線15の製造方法について説明する。まず、複数のマグネットワイヤ25を束ねて束線27を形成し（図6参照）、該束線27を略菱形状に巻回してターンを複数形成する（図4参照）。

【0042】この際に、既述した折返し部37が形成されるように束線27は巻回される。

【0043】好ましくは、ターン29を形成する際に、隣り合うマグネットワイヤ25同士が密着するように束線27が加圧プレスされることが望ましい。さらには、

図7に示すように、加圧プレスにより、束線27が矩形状の断面を有するように成形されることが望ましい。

【0044】さらに好ましくは、加圧プレスを施す前に、略菱形状とされたターン29の一辺の範囲内で束線27が少なくとも一回は巻回されることが望ましい。

【0045】次に、各ターン29を一の対角線A1方向に順次ずらせて複数配置することにより、一連の束線27からなるコイルセグメント23を形成する（図4参照）。

【0046】そして、複数のコイルセグメント23を複数用いて、これらコイルセグメント23を一の対角線A1方向に順次ずらせかつ重ね合わせて帯状体を形成するとともに（図8参照）、該帯状体を中空円筒状に巻いて中空円筒体43を形成する（図9参照）。以上のように、巻線15が形成されることになる。

【0047】本実施形態による巻線15によれば、以下のような特有の効果を奏することができる。巻線15に折返し部37を設け、該折返し部37は、中空円筒体43の長手方向に向けてU字状に折り曲げられるヘアピン状とされるとともに中空円筒体43の端部とされるので、固定子鉄心から突出する巻線が円周方向に延在する従来の巻線に比べて、使用するマグネットワイヤ25の量を大幅に削減することができる。このようにマグネットワイヤ25の全長が短くなるので、巻線15の直流抵抗が減少させられ、ジュール熱による巻線15の発熱を抑えることができる。

【0048】折返し部37を、中空円筒体43の内（外）周側から外（内）周側に折り曲げるようにしたので、より密接に各ターン29を配置できる。すなわち、折返し部37は中空円筒体43の径方向に折り曲げられるので、これら折返し部37を周方向に密接させて配置することができる。これにより、各ターン29も周方向に密接配置でき、ターン数が増えても径方向あるいは軸線方向に束線27が重ね合わされることがない。中空円筒体43の軸線方向に束線27が重ね合わされることがないので、たとえターン数が増加したとしても、巻線15の全長ひいては回転電機的全長が増大されることはない。したがって、導体量を増加させることによる高出力化と同時に、回転電機の小型化を実現することができる。さらに、内周側から外周側への折り曲げにより、一の組の二辺39、39を外周側に、他の組の二辺41、41を内周側に配置することができる。したがって、中空円筒体の内周側および外周側ともに均一かつ密に束線27を配置することができる。

【0049】一のコイルセグメント23の外周側の二辺39、39は、他のコイルセグメント23の外周側の二辺39、39に対して円周方向に隣接して配置され、かつ、他のコイルセグメント23の内周側の二辺41、41に対して径方向に隣接して配置される構成としたので、周方向および径方向に均一かつ密接に束線を配置す

11

ることができる。したがって、十分に高い電流密度を確保することができる。高出力化を達成することができる。

【0050】東線27の断面形状を加圧プレスにより略矩形形状としたので、複数の東線27を並べて配置したときに、単に円形断面の素線を束ねた束線を用いる場合よりも空隙部を有さないように配置することができる。つまり、コイルセグメント23の一辺当たりの導体占積率を増加させることができる。

【0051】マグネットワイヤ25の断面形状を線状部33において隣のマグネットワイヤ25と密接するよう
10 な歪んだ円形状としたので、円形断面を有するマグネットワイヤを単に束ねた構成よりも、より高密度に導体を束線27内に配置することができ、より高い電流密度を得ることができる。

【0052】東線27を螺旋状にひねった構成としたので、リッツ線における導体の転位と同様の効果が得られ、特に回転電機3の回転子7が高速回転するときに生じる、巻線15の渦電流損や循環電流損を大幅に低減することができる。

【0053】さらに、螺旋状にひねった構成を採用する
20 ことにより、東線27がほつれたりバラバラになったりすることを回避することができる。

【0054】特に、束線27をひねった後にワイヤに熱を加えながら加圧プレスを施す製造方法とした場合には、マグネットワイヤ25をひねった状態で変形させることになり、単に加圧プレスするよりも各マグネットワイヤ25の密着性が高まるので、確実に束線27を成形することができる。したがって、後にターン29を形成する際にほつれたりすることがなく、矩形とされた束線27の断面形状を安定的に維持することができる。さら
30 に、従来のように巻線の巻回・成形時においてマグネットワイヤ25にワニス等の樹脂を含浸させたり、自己融着線を用いて硬化させる必要がなくなるので、樹脂により放熱性が阻害されることがなく、マグネットワイヤ25間に樹脂が入り込むことによって生じる導体の占積率の低下を来すこともない。

【0055】なお、上述した実施形態において、折返し部37は、ターン29の外側に向けて他の対角線A2上を進行し、かつ略U字状に反転して該ターン29の内側に向けて他の対角線A2上を進行する延在部50を有する構成として説明したが（図4参照）、この延在部50は、図12に示されているように、略菱形形状を形成する
40 ターン29の四辺のうち、折返し部37を含む二辺のいずれかの辺の延在方向の延長上に位置する構成としても、上述の効果を妨げることはない。さらに、この延在部50を省略して、単に折り返した端部を有する構成としてもよい。

【0056】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、各ターンの両端部に折返し部を設けたので、各ターンを
50

(7)

特開2001-37130

12

密に巻回することができ、これにより高電流値化が実現され、回転電機の高出力化を達成することができる。さらに、折返し部を周方向に順次並べて配置することができるので、導体量の増加による軸線方向および径方向の大型化を回避することにより、回転電機の小型化を実現することができる。

【0057】束線を螺旋状にひねった構成としたので、回転電機の高速回転時に生じる渦電流損や循環電流損を大幅に減少させることができ、高速化にも対応することができる。

【0058】束線を加圧プレスする製造方法を採用することにより、束線の断面形状が安定的に維持されることとなるので、巻線製造の際の自由度を大幅に増加させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施形態であるスロットレス固定子巻線が設けられた回転電機を示した断面図である。

【図2】 図1の切斷線II-IIにおける断面図である。

【図3】 複数のコイルセグメントにより形成された中空円筒体を平面状に展開した状態を示す平面図である。

【図4】 コイルセグメントを示した平面図である。

【図5】 コイルセグメントを示した斜視図である。

【図6】 コイルセグメントを構成する束線を示した拡大斜視図である。

【図7】 束線を構成する細線の断面形状を示した断面図である。

【図8】 コイルセグメントの配置状態を示した斜視図である。

【図9】 中空円筒体とされた本発明によるスロットレス固定子巻線を示した斜視図である。

【図10】 固定子鉄心に対してスロットレス固定子巻線が挿入される状態を示した斜視図である。

【図11】 分割構成とされた固定子鉄心を示した斜視図である。

【図12】 ターンの延在部の変形例を示した平面図である。

【図13】 従来技術によるスロットレス固定子を示した斜視図である。

【図14】 図13のスロットレス固定子に用いられるコイルセグメントを示した斜視図である。

【図15】 従来技術による菱形形状のターンを有するバンド状コイルを示した平面図である。

【図16】 図15のバンド状コイルを巻回して形成された円筒形コイルを示した斜視図である。

【符号の説明】

1 スロットレス固定子

3 回転電機

15 巻線

23 コイルセグメント

25 マグネットワイヤ（細線）

(8)

特開2001-37130

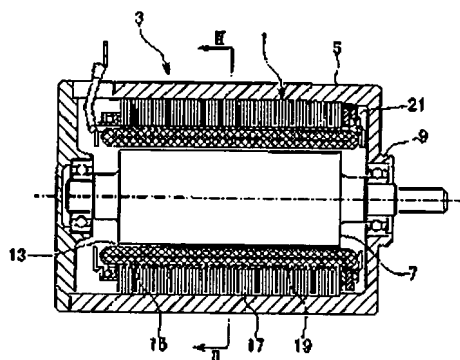
14

27 束線
29 ターン
37 折返し部

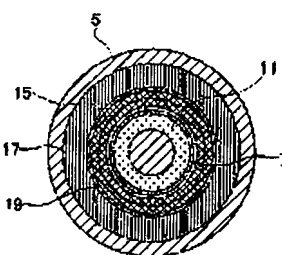
* A1 一の対角線
A2 他の対角線

*

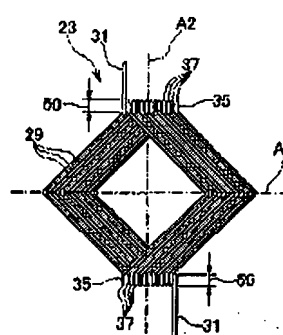
【図1】



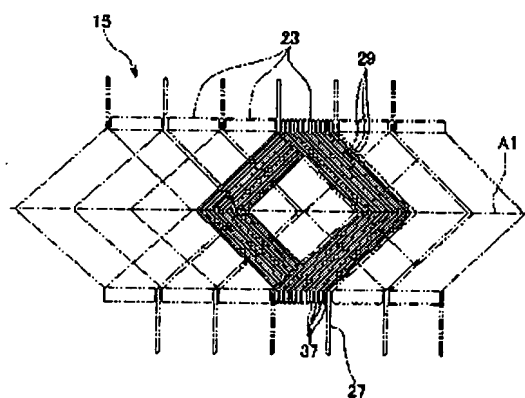
【図2】



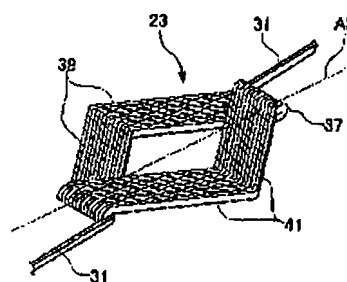
【図4】



【図3】



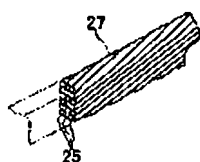
【図5】



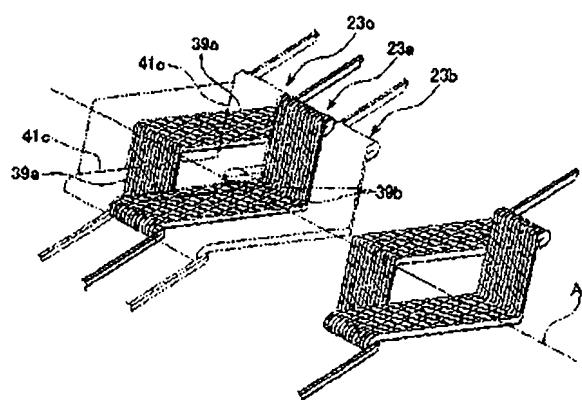
【図7】



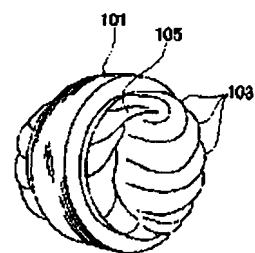
【図6】



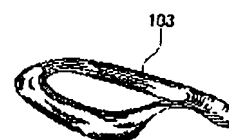
【図8】



【図13】



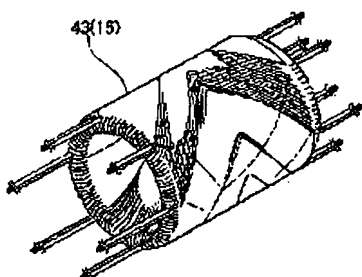
【図14】



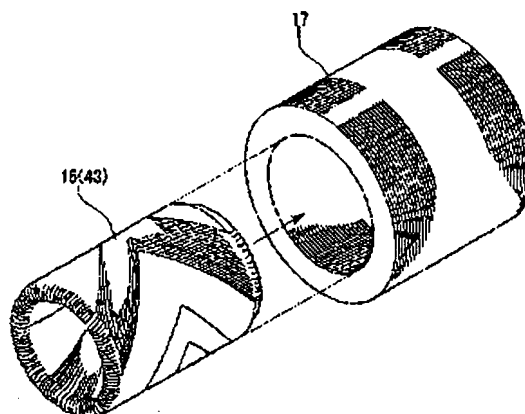
(9)

特開2001-37130

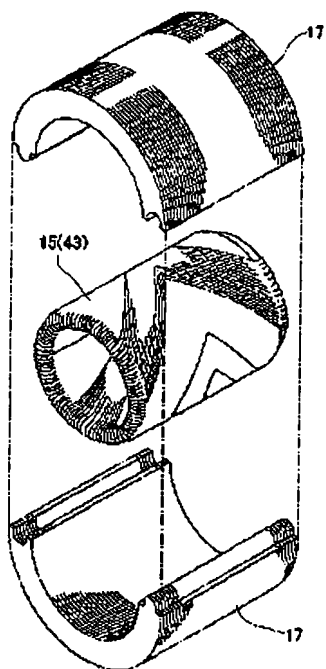
【図9】



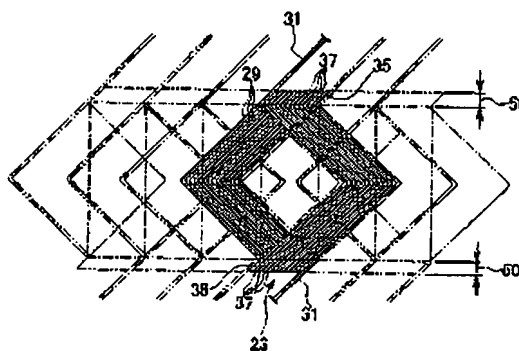
【図10】



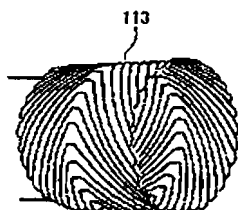
【図11】



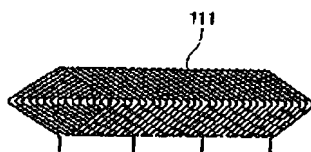
【図12】



【図16】



【図15】



(10)

特開2001-37130

フロントページの続き

F ターム(参考) 5H603 AA09 BB01 BB02 BB12 CA01
CA05 CB16 CC17 CD05 CE01
5H615 AA01 BB14 PP01 PP07 PP17
QQ02 SS05 SS18 SS19